"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و پنجم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر تاریخ کاشت و شاخص‌های زراعی- اقلیمی بر عملکرد دانه ارقام جدید گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در منطقه گرگان

Effect of sowing date and agro-climatic indices on grain yield of new bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan region, Iran

سعید باقری کیا[۱]، حبیب‌اله سوقی[۲]، فرامرز سیدی[۳]، منوچهر خدارحمی[۴]، فریبا نقی‌پور[۵] و مهدی نظری[۶]

چکیده

باقری کیا، س.، ح. سوقی، ف. سیدی، م. خدارحمی، ف. نقی‌پور و م. نظری. ۱۴۰۲. اثر تاریخ کاشت و شاخص‌های زراعی- اقلیمی بر عملکرد دانه ارقام جدید گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در منطقه گرگان. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۱): ۴۰-۲۰.**

به‌منظور تعیین تاریخ کاشت بهینه ارقام جدید گندم نان و بررسی ارتباط عملکرد دانه با شاخص‌های زراعی- اقلیمی، آزمایشی در دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. هفت تاریخ کاشت (از ۱۰ آبان تا ۱۰ دی؛ با فواصل ۱۰ روز) در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ گندم نان بهاره (ارقام آراز، آرمان، تکتاز و لاین N-93-9) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت از نظر عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد سنبله در متر مربع اختلاف معنی‌داری وجود داشت، ولی تفاوت بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر این صفات معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت دوم (۲۰ آبان؛ ٦٢٣٥ کیلوگرم در هکتار) و سوم (۳۰ آبان؛ ٦١٠٥ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت بعدی بودند. در سه تاریخ کاشت پایانی (۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی) عملکرد دانه رقم تکتاز بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. سه تاریخ کاشت اول (۱۰، ۲۰ و ۳۰ آبان) از نظر طول دوره پر شدن دانه (به‌ترتیب ۴۲/۵، ۴۲ و ۴۰/۳ روز)، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، در حالیکه در سه تاریخ کاشت پایانی، طول دوره پر شدن دانه (به‌ترتیب ۳۵/٦، ۳٤/۱ و ۳۳ روز) بطور معنی‌داری کمتر بود. تاریخ‌های کاشت ۲۰ آبان و ۳۰ آبان بیشترین مقدار تجمعی روز- درجه رشد (GDD) را در دوره پر شدن دانه داشتند (به‌ترتیب ۷۸۲ و ۷۷۳ روز- درجه رشد). نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و حداکثر کارایی مصرف انرژی در شرایط اقلیمی محل اجرای آزمایش در تاریخ‌های کاشت ۲۰ آبان تا ۳۰ آبان بدست خواهد آمد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم گرم و مرطوب، دوره پر شدن دانه، روز- درجه رشد، فنولوژی، کارایی مصرف انرژی و گندم نان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰ این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۹۹۱۰۷۲-۱۱۱-۰۳-۵۷-۲۴ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد
۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
(مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: s.bagherkia@areeo.ac.ir)
۲- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۳- مربی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۵- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۶- کارشناس بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان است که با بیش از ۲۱۹ میلیون هکتار، بیشترین سطح برداشت را در سراسر جهان داشته و میزان تولید دانه آن بیش از ۷۶۰ میلیون تن در سال است (FAO, 2022). گندم مهم‌ترین گیاه زراعی ایران است و نقش تعیین کننده‌ای در تامین امنیت غذایی کشور دارد. مصرف سرانه گندم در ایران ۱۶۵ کیلوگرم و مصرف سرانه جهانی آن حدود ۶۸ کیلوگرم در سال است (Anonymous, 2023). بر اساس آمارنامه وزرات جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ سطح برداشت و تولید گندم کشور به‌ترتیب ۶/۲۷ میلیون هکتار و ۱۱/۱۳ میلیون تن بوده است. در همین سال سطح برداشت گندم در استان گلستان بیش از ۳۴۶ هزار هکتار و میزان تولید آن ۸۵۶ هزار تن بوده است و از این نظر استان گلستان پس از استان‌های خوزستان و فارس در رتبه سوم تولید گندم در کشور قرار دارد (Anonymous, 2022).

تغییر اقلیم ایجاد شده در بسیاری از مناطق جهان یکی از مهم‌ترین چالش‌های تحقیقاتی پژوهشگران حوزه علوم گیاهی است. افزایش گازهای گلخانه‌ای و اثرات دی‌اکسید کربن با افزایش دما و تغییر در الگوی بارندگی، عامل کاهش عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی از جمله گندم بوده است (Asseng *et al.*, 2015). در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان، وقوع تنش‌های گرما و خشکی انتهای فصل علت اصلی کاهش عملکرد در گندم نان بوده است (Farooq *et al.*, 2011). مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه، حساس‌ترین مراحل رشد گیاه گندم به تنش‌های محیطی انتهای فصل است، زیرا وقوع تنش در این مراحل باعث عدم باروری مناسب و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه خواهد شد. توانایی گیاه در تطابق مراحل حساس نموی با شرایط طبیعی (غیر تنش) می‌تواند عامل فرار گیاه از تنش‌های محیطی باشد (Farooq *et al.*, 2014). اگر گیاه پیش از گلدهی و در زمان باروری در معرض تنش قرار گیرد، تنش خشکی با کاهش در باروری سنبلچه‌ها، بر تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه‌های بارور اثر منفی می‌گذارد، در حالی که اگر وقوع تنش پس از گلدهی و در طی پر شدن دانه اتفاق بیفتد، وزن دانه کاهش می‌یابد (Jagadish *et al.*, 2015).

تعیین تاریخ مناسب کاشت، با هدف استفاده از شرایط مناسب محیطی، باعث کاهش عوارض منفی تنش گرما و خشکی انتهای فصل می‌شود (Andarzian *et al.*, 2015). گلدهی در گندم تنها تابع یک عامل محیطی نبوده و بسته به تیپ رشد، یک یا چند سازوکار نقش اساسی در کنترل زمان گلدهی دارند. بر همین اساس ارقام گندم به سه گروه زمستانه، بهاره و بینابین تقسیم شده‌اند. گندم‌های بهاره گندم‌هایی هستند که نیاز به بهاره‌سازی در آن‌ها کم است و یا به کلی نیاز به بهاره‌سازی ندارند. این گروه از گندم‌ها در مناطقی با زمستان ملایم کشت می‌شوند (Acevedo *et al.*, 2002). با توجه به اینکه نمو یک فرآیند پیوسته است، برای درک بهتر نمو، طول دوره رشد به چند مرحله فنولوژیک تقسیم شده است. در واقع فنولوژی شامل تغییرات پیاپی از سبز شدن گیاهچه تا رسیدگی گیاه بوده و تغییرات آن تابع شرایط محیطی و اقلیمی منطقه است (Salazar-Gutierrez *et al.*, 2013). طول دوره رشد گیاه و مراحل فنولوژیک عامل تعیین کننده‌ای در عملکرد دانه گندم محسوب می‌شوند (Soughi *et al.*, 2020). انتظار می‌رود هرگونه تغییر در طول هر یک از مراحل فنولوژیک باعث تغییر یک یا چند جزء از اجزای عملکرد گیاه شود، بنابراین امکان تغییر این مراحل، راهکاری برای افزایش عملکرد اقتصادی محسوب می‌شود (Jalal Kamali and Sharifi, 2010).

شاخص‌های زراعی- اقلیمی از جمله مجموع طول روز (Day Length; DL)، مجموع روز- درجه

رشد (Growth Degree-Day; GDD)، مجموع واحدهای دمایی- آفتابی (Helio-thermal Unit; HTU)، مجموع واحدهای دمایی- نوری (Photo-thermal Unit; PTU)، مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (Hydro-thermal Unit; HYTU)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (Helio-thermal Use Efficiency; HTUE)، کارایی مصرف دما (Heat Use Efficiency; HUE)، کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (Hydro-thermal Use Efficiency; HYTUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (Photo-thermal Use Efficiency; PTUE) جهت بررسی فنولوژی گیاهان زراعی و همبستگی آن با عملکرد مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Singh and Singh, 2014; Ahmad, 2017; Soughi *et al*., 2020). در مناطقی که با پدیده تغییر اقلیم مواجه هستند، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی نیز تغییر می‌کنند، از همین رو با پایش این شاخص‌های اقلیمی و تاثیر آن بر مراحل فنولوژیک، امکان بررسی واکنش گیاهان به تغییرات اقلیمی وجود دارد (Parmesan and Hanley, 2015). شاخص‌های کارایی مصرف انرژی (HTUE، HUE، HYTUE و PTUE) ارقام علاوه بر عوامل ژنتیکی تحت تاثیر تاریخ کاشت هم قرار می‌گیرند، زیرا تاریخ کاشت از طریق تغییر در فنولوژی گیاه و فراهم کردن شرایط بهینه باعث افزایش کارایی مصرف انرژی می‌شود (Singh *et al*., 2016). سوقی و همکاران (Soughi *et al*., 2020) با ارزیابی چهار رقم گندم بهاره در شرایط اقلیمی گرگان گزارش کردند که تاریخ کاشت مطلوب، شرایط بهینه‌ای از نظر دما، طول روز، رطوبت نسبی و کارایی مصرف انرژی در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام گندم ایجاد کردند و در این تاریخ کاشت بیشترین مقادیر از نظر شاخص های زراعی- اقلیمی شامل روز- درجه رشد، طول روز، واحدهای دمایی- نوری، واحدهای دمایی- رطوبتی و کارایی مصرف انرژی فراهم شد. مراحل فنولوژیک گیاه با استفاده از شاخص روز- درجه رشد و سایر معیارهای مرتبط، دقیق‌تر از تقویم زمانی تعیین می‌شوند. شاخص روز- درجه رشد بر اساس ارتباط مستقیم بین دما و طول دوره رشد گیاه پیشنهاد و توسعه داده شده‌اند (Ahmad, 2017). گزارشات انجام شده در گندم نان بیشتر بر اساس اثر دما بر طول مراحل فنولوژیک از طریق روز- درجه رشد تجمعی بوده است (Kalateh-Arabi *et al*., 2012; Salazar-Gutierrez *et al*., 2013; Aslam *et al*., 2017; Sasani *et al*., 2019).

هدف از این تحقیق تعیین تاریخ کاشت مناسب ژنوتیپ‌های جدید گندم نان مربوط به اقلیم گرم و مرطوب شمال ایران با استفاده از شاخص‌های زراعی- اقلیمی در منطقه گرگان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی محله) اجرا شد. این ایستگاه در پنج کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی واقع شده است. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش طی دو سال آزمایش به تفکیک ماه در جدول ۱ ارائه شده است. ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی جدیدترین ارقام گندم معرفی شده اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور شامل ارقام آراز، آرمان، تکتاز و لاین امیدبخش N-93-9 بودند (جدول ۲).

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. هفت تاریخ کاشت ۱۰ آبان، ۲۰ آبان، ۳۰ آبان، ، ۱۰ آذر، ۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ گندم نان در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. هر کرت به عرض ۱/۲ متر و طول ۶/۶ متر با استفاده از ماشین بذرکار آزمایشات کشت شد. میزان بذر در کلیه کرت‌ها بر اساس تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع بر مبنای وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (۱۴۰۱-۱۳۹۹)

Table 1. Meteorological information of Gorgan agricultural research station **(**2020-2022**)**

		مجموع طول روز Total day length (hr)	بارش Precipitation (mm)		مجموع ساعات آفتابی Total sunny hours (hr)		رطوبت نسبی RH (%)		میانگین دما Mean temp. (°C)		حداکثر دما Maximum temp. (°C)	
Month	ماه	۹۹-۰۰,۰۰-۰۱ 20-21;21-22	۹۹-۰۰ 20-21	۰۰-۰۱ 21-22	۹۹-۰۰ 20-21	۰۰-۰۱ 21-22	۹۹-۰۰ 20-21	۰۰-۰۱ 21-22	۹۹-۰۰ 20-21	۰۰-۰۱ 21-22	۹۹-۰۰ 20-21	۰۰-۰۱ 21-22
Oct. 23-Nov. 21	آبان	314.4	24.4	41.7	174.5	176.8	71	71	15.9	12.5	22.4	18.2
Nov. 22-Dec. 21	آذر	293.0	37.2	18.6	92.5	173.7	81	72	8.1	12.0	12.7	18.9
Dec. 22-Jan. 20	دی	293.3	21.9	61.0	154.5	161.3	74	72	7.2	8.8	13.6	15.2
Jan. 21-Feb. 19	بهمن	315.2	25.0	101.2	165.0	193.3	874	73	9.4	8.1	16.2	14.6
Feb. 20-Mar. 20	اسفند	335.8	72.3	59.2	149.5	117.0	72	80	8.4	11.8	14.6	16.9
Mar. 21-Apr. 20	فروردین	395.3	16.8	24.0	187.5	154.9	71	76	16.3	14.4	23.6	20.9
Apr. 21-May 21	اردیبهشت	429.3	13.8	42.6	209.2	139.9	70	76	21.3	18.9	28.1	24.1
May 22-Jun. 21	خرداد	451.2	9.4	1.2	247.4	323.3	66	61	27.1	25.7	34.3	33.8

جدول ۲- شجره ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی

Table 2. Pedigree of wheat genotypes used in the experiment

Wheat genotypes	ژنوتیپ‌های گندم	Year of release	سال معرفی	Pedigree شجره
Araz	آراز	2021	۱۳۹۹	VOROBE
Arman	آرمان	2021	۱۳۹۹	PBW343/TONI//TROST/3/SOVA
Taktaz	تکتاز	2021	۱۴۰۰	SAUAL/3/MILAN/S87230//BAV92
N-93-9	N-93-9	-	-	CHAPIO/3/BORL95/2*EXCALIBUR//EXCALIBUR

محاسبه شد. میزان کودهای شیمیایی مصرفی بر اساس نتایج تجزیه خاک مزرعه (جدول ۳) تعیین شد. کود سولفات پتاسیم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود سوپر فسفات تریپل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (به‌صورت یکبار پایه و سه بار سرک) و سولفات روی ۳۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شدند. کنترل شیمیایی علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ با استفاده از علف‌کش تیفیس به میزان ۳۵ گرم در هکتار در مرحله پنجه‌دهی بوته‌ها با استفاده از سمپاش پشتی موتوری انجام شد. سایر عملیات فنی زراعی برای کلیه تیمارها به بطور یکسان در طول دوره رشد بوته‌ها انجام شد. پس از کاشت بذر در موارد لازم جهت سبز شدن گیاهچه‌ها آبیاری انجام می‌شد. آبیاری با توجه به تفاوت در میزان نزولات آسمانی در دو سال آزمایش متفاوت بود، به طوری در سال اول آزمایش سه بار آبیاری در بهمن، فروردین و اردیبهشت انجام شد و در سال دوم آزمایش فقط یک‌بار آبیاری در فروردین انجام شد.

زمان وقوع مراحل مهم فنولوژیک بوته‌ها شامل تعداد روز تا ظهور سنبله (کد ۵۵ زادوکس)، گلدهی (کد ۶۵ زادوکس) و رسیدگی فیزیولوژیک (کد ۹۰ زادوکس) برای کلیه تیمارها ثبت شدند. برداشت محصول در پایان هر سال زراعی با استفاده از کمباین مخصوص آزمایشات انجام شد. مساحت برداشت هر کرت ۷/۲ مترمربع (۱/۲ متر عرض و ۶ متر طول) بود. پس از برداشت، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در کلیه کرت‌های آزمایشی اندازه‌گیری شدند.

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای ازمایش

Table 4. Physical and chemical properties of soil at the experiment site

Properties	ویژگی	Value مقدار
Depth (cm)	عمق	0-30
Ec (dS.m^{-1})	هدایت الکتریکی	1.7
Saturation percentage	درصد اشباع	43.6
Organic matter (%)	ماده آلی	1.6
pH	اسیدیته	7.5
T.N.V (%)	آهک	26
Total N (%)	نیتروژن کل	0.16
Available Potassium (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب	482
Available Phosphorus (mg.kg^{-1})	فسفر قابل جذب	9.6
Clay (%)	رس	30
Silt (%)	لای	56
Sand (%)	ماسه	14
Soil texture	بافت خاک	Silty Clay Loam لوم رسی شنی

شاخص‌های اقلیمی- زراعی تجمعی شامل مجموع طول روز (Day Length; DL)، مجموع روز- درجه رشد (Growth Degree-Day; GDD)، مجموع واحدهای دمایی- آفتابی (Helio-thermal Unit; HTU)، مجموع واحدهای دمایی- نوری (Photo-thermal Unit; PTU)، مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (Hydro-thermal Unit; HYTU)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (Helio-thermal Use Efficiency; HTUE)، کارایی مصرف دما (Heat Use Efficiency; HUE)، کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (Hydro-thermal Use Efficiency; HYTUE) و کارایی مصرف دمایی- نوری (Photo-thermal Use Efficiency; PTUE) با استفاده از

روابط زیر محاسبه شدند (Ahmad, 2017).

(رابطــه ۱)

GDD (degree-days) =∑ (Tmin+Tmax) /2-Tbase

دمای پایه (Tbase) صفر و حداکثر دمای آستانه ۳۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شدند (Bauer *et al.*, 1984; Andarzian *et al.*, 2015). به‌منظور بررسی برهمکنش طول دوره نوری و واحدهای دمایی از شاخص‌های مجموع واحدهای دمایی- نوری (PTU) و مجموع واحدهای دمایی- آفتابی (HTU) استفاده شد که PTU حاصلضرب GDD در طول روز و HTU حاصلضرب GDD در ساعات آفتابی واقعی است (Ahmad, 2017). منظور از ساعات آفتابی واقعی، طول ساعاتی در روز است که آفتاب مستقیماً در حال تابش بوده و هوا ابری و بارانی نباشد.

(رابطه ۲) PTU (degree-days hours) = ∑ (ساعات طول روز × روز- درجه رشد)

(رابطه ۳) HTU (degree-days hours) = ∑ (ساعات آفتابی واقعی× روز- درجه رشد)

مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (HYTU)، حاصلضرب GDD در میانگین رطوبت نسبی است (Ahmad, 2017).

(رابطه ۴) HYTU (degree-days percent) = ∑ (میانگین رطوبت نسبی (درصد) × روز- درجه رشد)

از تقسیم عملکرد دانه بر مجموع واحدهای فوق، شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی شامل کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (HYTUE) محاسبه شدند (Ahmad, 2017).

(رابطه ۵) HUE ($kg.ha^{-1}$ $degree\text{-}days^{-1}$) = مجموع واحدهای روز- درجه رشد / عملکرد دانه

(رابطه ۶) PTUE ($kg.ha^{-1}$ $degree\text{-}days^{-1}$) = مجموع واحدهای دمایی- نوری / عملکرد دانه

(رابطه ۷) HTUE ($kg.ha^{-1}$ $degree\text{-}days^{-1}$) = مجموع واحدهای دمایی- آفتابی / عملکرد دانه

(رابطه ۸) HYTUE ($kg.ha^{-1}$ $degree\text{-}days^{-1}$) = مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی / عملکرد دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از آزمون همگنی واریانس ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9. 4 (Cary, NC. SAS Institute Inc.) انجام شد. در تجزیه واریانس مرکب داده ها سال به عنوان عامل تصادفی و تاریخ کاشت و ژنوتیپ به‌عنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شدند و بر اساس امید ریاضی منابع، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. میانگین ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. تجزیه همبستگی پیرسون نیز با استفاده نرم‌افزار R-4.2.2 پس از نصب بسته آماری corrplot انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت و برهمکنش سال در ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت دوم (۲۰ آبان با ۶۲۳۵ کیلوگرم در هکتار) و سوم (۳۰ آبان با ۶۱۰۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، ولی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت چهارم تا هفتم بودند (جدول ۴). نتایج یک

آزمایش در شرایط اقلیمی استان گلستان روی چهار رقم گندم بهاره نشان داد که حداکثر عملکرد دانه مربوط به تاریخ‌های کاشت ۲۵ آبان و ۱۰ آذر بوده است (Soughi *et al.*, 2021).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه ارقام آراز، آرمان و تکتاز در سال دوم بیشتر از سال اول بوده است، در حالی که عملکرد لاین N-93-9 در دو سال تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). اختلاف عملکرد دانه ارقام گندم معنی‌دار نبود، با این حال ارقام تکتاز (۵۵۳۵ کیلوگرم در هکتار)، آرمان (۵۵۲۱ کیلوگرم در هکتار)، آراز (۵۴۷۴ کیلوگرم در هکتار) و لاین N-93-9 (۵۲۸۹ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب بیشترین عملکرد را داشتند (داده‌ها نمایش داده نشده‌اند). بر اساس عملکرد دانه ارقام گندم در تاریخ‌های کاشت تاخیری (سه تاریخ کاشت انتهایی)، میانگین عملکرد دانه ارقام تکتاز و آرمان به طور معنی‌داری بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود (شکل ۲).

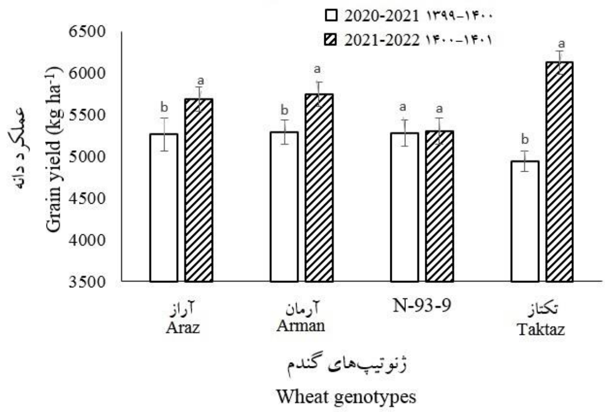
جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد سنبله در مترمربع ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تاریخ کاشت

Table 4. Mean comparison of grain yield, biological yield and number of spike.m^2 of wheat genotypes in sowing date treatments

Sowing date	تاریخ کاشت	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})	تعداد سنبله در مترمربع No. of Spike.m^{-2}
Nov. 1	۱۰ آبان	5907b	16931a	319.5ab
Nov. 11	۲۰ آبان	6235a	16521a	343.9a
Nov. 21	۳۰ آبان	6105ab	15983a	346.9a
Dec. 1	۱۰ آذر	5644c	14741b	323.4ab
Dec. 11	۲۰ آذر	5085d	13979b	289.9bc
Dec. 21	۳۰ آذر	4776de	13068bc	273.7bc
Dec. 31	۱۰ دی	4433e	11828d	244.1c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

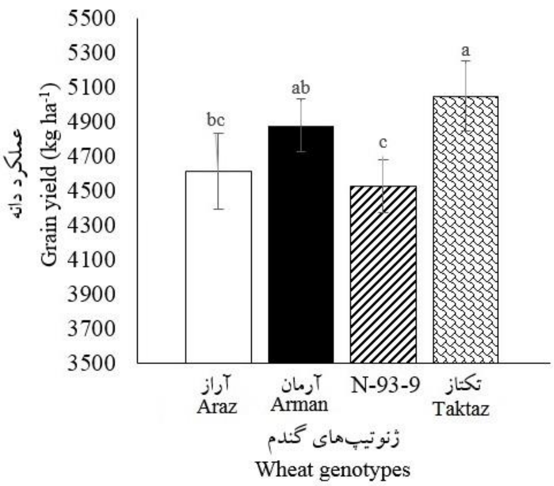


شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰)

مقایسه بین دو سال برای هر ژنوتیپ به‌طور جداگانه انجام شده است.

Fig. 1. Mean comparison of grain yield for wheat genotypes in two cropping seasons (2020-2022)

Comparison between two years for each genotype has been performed separately



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در تاریخ‌های کاشت انتهایی (۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی)
هر ستون میانگین عملکرد دو سال است.

Fig. 2. Mean comparison of grain yield of wheat genotypes in terminal sowing dates (Dec.11, Dec.21, Dec.31)
Each column corresponds the average grain yield of two years

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال و اثر تاریخ کاشت بر عملکرد زیستی ژنوتیپ‌های گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. عملکرد زیستی در سال دوم بطور معنی‌داری بیشتر از سال اول بود. علت افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی ژنوتیپ‌های گندم در سال دوم افزایش بارندگی و کمتر بودن دمای هوا نسبت به سال اول بود. در فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۱ که مصادف با ظهور سنبله، گلدهی و پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم است، مجموع بارندگی دو ماه در سال دوم ۶۶/۶ و در سال اول ۳۰/۶ میلی متر بوده است. میانگین دما و میانگین حداکثر دما در دو ماه فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۱ (سال دوم آزمایش) به طور قابل توجهی کمتر از ماه‌های مشابه سال ۱۴۰۰ (سال اول آزمایش) بوده است (جدول ۱). این عوامل باعث شدند گلدهی و پر شدن دانه‌ها در هوای نسبتا معتدل‌تری انجام شود. به‌علاوه این موضوع باعث افزایش معنی‌دار طول دوره پر شدن دانه در سال دوم نسبت به سال اول شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان عملکرد زیستی به‌ترتیب تاریخ‌های کاشت کاهش یافت (جدول ۴). عملکرد زیستی سه تاریخ کاشت ابتدایی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت چهارم تا هفتم بود (جدول ۴). تاثیرپذیری منفی عملکرد زیستی، عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد از دماهای بالای هوا در دوره پر شدن دانه گزارش شده است (Farooq *et al.*, 2014; Soughi *et al.*, 2021). عملکرد زیستی و عملکرد دانه همبستگی بالایی با طول دوره رشد دارند و دما مهم‌ترین عامل تاثیرگذار در طول دوره رشد و نمو گیاهان محسوب می‌شود (Liu *et al.*, 2016; Soughi *et al.*, 2021). نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که همبستگی بالایی بین عملکرد زیستی و عملکرد دانه با طول دوره رشد و طول دوره پرشدن دانه وجود دارد (شکل ۳).

گرم‌تر شدن کره زمین در اثر تغییر اقلیم جهانی باعث تغییر یا تسریع در مراحل فنولوژیک و در نتیجه کاهش عملکرد گیاهان زراعی شده است (Asseng *et al.*, 2015). کنترل طول مراحل فنولوژیک با هدف سازگاری گیاه با شرایط محیطی و انتخاب راهبردهای

مناسب به‌نژادی در این شرایط از اهمیت ویژه‌ای

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد روز و مجموع طول روز مراحل فنولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تاریخ کاشت

Table 5. Mean comparison for effect of days and total day length of phenological stages of wheat genotypes in sowing date treatments

		Days روز			Total day length (hr) مجموع طول روز		
		گلدهی Anthesis (Z65)	رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity (Z90)	پر شدن دانه Grain filling (Z65-Z90)	گلدهی Anthesis (Z65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (Z90)	پر شدن دانه Grain filling (Z65-Z90)
Year	سال						
2020-2021	۱۴۰۰-۱۳۹۹	132.4b	167.4b	34.9b	1452.7a	1909.6b	456.8a
2021-2022	۱۴۰۱-۱۴۰۰	134.0a	175.1a	41.0a	1432.6b	2021.9a	598.3a
Sowing date	تاریخ کاشت						
Nov. 1	۱۰ آبان	149.3a	191.9a	42.5a	1564a	2133a	569a
Nov. 11	۲۰ آبان	144.8b	186.8b	42.0a	1529b	2097b	569a
Nov. 21	۳۰ آبان	141.6c	182.0c	40.3ab	1516c	2071c	555a
Dec. 1	۱۰ آذر	136.5d	174.9d	38.3b	1481d	2014d	533b
Dec. 11	۲۰ آذر	130.9e	166.6e	35.6c	1442e	1941e	499c
Dec. 21	۳۰ آذر	120.0f	154.2f	34.1cd	1336f	1812f	477d
Dec. 31	۱۰ دی	109.5g	142.5g	33.0d	1232g	1693g	461e

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

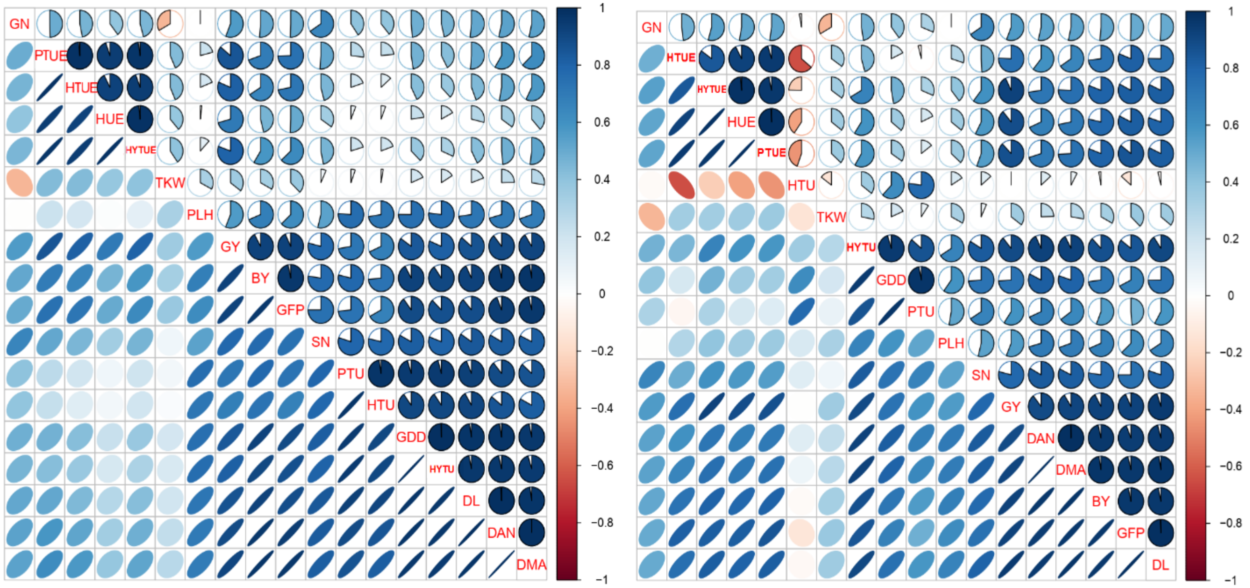
جدول ۶- میزان دما و رطوبت نسبی هوا در دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تاریخ کاشت در دو سال زراعی (۱۴۰۱-۱۳۹۹)

Table 6. Air temperature and relative humidity during grain filling period of wheat genotypes in sowing date treatments in two cropping seasons (2020-2022)

Sowing date	تاریخ کاشت	میانگین حداقل دما Mean Min. temperature (°C)	میانگین حداکثر دما Mean Max. temperature (°C)	میانگین دما Mean temperature (°C)	میانگین حداقل رطوبت نسبی Mean Min. RH (%)	میانگین حداکثر رطوبت نسبی Mean Max. RH (%)	میانگین رطوبت نسبی Mean RH (%)
Nov. 1	۱۰ آبان	11.7f	23.9f	17.8f	51.4a	94.8b	73.1a
Nov. 11	۲۰ آبان	12.6e	24.5e	18.6e	51.2a	95.0a	73.1a
Nov. 21	۳۰ آبان	13.7d	25.4d	19.6d	50.4b	95.0a	72.7b
Dec. 1	۱۰ آذر	14.2c	25.8c	20.0c	49.9c	94.8bc	72.4c
Dec. 11	۲۰ آذر	14.5b	26.2b	20.3b	49.1de	94.7bc	71.9d
Dec. 21	۳۰ آذر	14.5b	26.1b	20.3b	49.4d	94.7cd	72.1de
Dec. 31	۱۰ دی	14.7a	26.5a	20.6a	48.8e	94.6d	71.7e

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test



شکل ۳- همبستگی شاخص‌های زراعی- اقلیمی با صفات گیاهی ژنوتیپ‌های گندم در مرحله گلدهی (چپ) و دوره پر شدن دانه (راست)

Fig. 3. Correlation between the agro-climatic indices with plant traits of wheat genotypes at anthesis (left) and grain filling period (right)

YL: عملکرد دانه، BL: عملکرد زیستی، PLH: ارتفاع بوته، TKW: وزن هزار دانه، GN: تعداد دانه در سنبله، SN: تعداد سنبله در مترمربع، DMA: روز تا رسیدگی، GFP: طول پر شدن دانه، DL: طول روز، GDD: روز- درجه رشد، PTU: واحدهای دمایی- نوری، HTU: واحدهای دمایی- آفتابی، HYTU: مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی، HUE: کارایی مصرف دما، HTUE: کارایی مصرف دمایی- آفتابی، PTUE: کارایی مصرف دمایی- نوری و HYTUE: کارایی مصرف دمایی- رطوبتی

YL: Grain yield; BL: Biological yield; PLH: Plant height; TKW: 1000Kernel weight; GN: Grain number per spike; SN: Spike number per m^{-2}; DMA: Days to maturity; GFP: Grain filling period; DL: Day length; GDD: Growing degree days; PTU: Photo-thermal unit; HTU: Helio-thermal unit; HYTU: Hydro-thermal unit; HUE: Heat use efficiency; PTUE: Photo-thermal use efficiency; HTUE: Helio-thermal use efficiency; HYTUE: Hydro-thermal use efficiency

برخوردار است (Mkhabela *et al.*, 2016). بر اساس نتایج آزمایش حاضر تاخیر در کاشت علاوه بر کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها (جدول ۵) باعث می‌شود که پرشدن دانه‌ها در هوای گرم‌تری انجام شود. مقایسه وضعیت دما و رطوبت نسبی در دوره پر شدن دانه نشان داد که با تاخیر در کاشت، دما و میزان رطوبت نسبی هوا در طول دوره پر شدن دانه به ترتیب افزایش و کاهش یافتند (جدول ۶). بر اساس گزارش لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2016) افزایش یک درجه سلسیوس دما در جهان باعث کاهش ۶/۴-۴/۱ درصد عملکرد دانه گندم شده است.

نتایج مقایسه میانگین مراحل فنولوژیک نشان داد که در مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، بیشترین و کمترین طول دوره فنولوژیک به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول و تاریخ کاشت هفتم بود. دو ماه تفاوت بین تاریخ‌های کاشت اول و هفتم باعث کاهش طول مراحل فنولوژیک گیاه شد، به‌طوری که رسیدن به مراحل گلدهی ۳۹/۸ روز و رسیدگی فیزیولوژیک ۴۹/۳ روز کاهش یافتند (جدول ۵). با تاخیر در کاشت، طول دوره پر شدن دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری که سه تاریخ کاشت ابتدایی از نظر طول دوره پر شدن دانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۵)، در حالی‌که در سه تاریخ کاشت انتهایی به‌دلیل افزایش دما و کاهش رطوبت هوا، طول دوره پر شدن دانه بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول‌های ۵ و ۶). دو ماه تفاوت در کاشت بین تاریخ‌های کاشت اول و هفتم باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه به مدت ۹/۵ روز شد (جدول ۵). سوقی و همکاران (Soughi *et al.*, 2020) با ارزیابی چهار رقم گندم بهاره در شرایط اقلیمی گرگان گزارش کردند که دو ماه تفاوت در کاشت ارقام باعث کاهش معنی‌دار طول مراحل فنولوژیک و دوره پر شدن دانه شد، به‌طوری که رسیدن به مراحل گلدهی ۲۵/۶ روز، رسیدگی فیزیولوژیک ۳۴/۶ و دوره پر شدن دانه ۸/۸ روز کاهش یافتند. تفاوت در مراحل فنولوژیک به دلیل تنوع در عوامل اقلیمی در تاریخ‌های کاشت متفاوت است (Aslam *et al.*, 2017). علت کاهش عملکرد دانه گندم در تاریخ‌های کاشت تاخیری، کاهش طول مراحل نمو و کاهش سرعت فتوسنتز و هدایت مزوفیلی برگ‌ها و در نتیجه کاهش تجمع ماده خشک گزارش شده است (Soughi *et al.*, 2021; Mojtabaie Zamani *et al.*, 2015). تنظیم تاریخ کاشت برای به حداقل رساندن اثرات منفی تنش خشکی و گرمای انتهای فصل، اقدام موثری در حفظ عملکرد است. از طریق کنترل فنولوژی گیاه نیز می‌توان شرایط بهینه‌ای را برای تولید و انتقال مواد پرورده در دوره پر شدن دانه فراهم کرد (Reynolds *et al.*, 2012).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تعداد سنبله در مترمربع به طور معنی‌داری تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تاریخ‌های کاشت دوم و سوم به ترتیب بیشترین تعداد سنبله در مترمربع را داشتند که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سه تاریخ کاشت انتهایی بود (جدول ۴). تعداد سنبله در مترمربع نقش تعیین کننده‌ای در عملکرد دانه دارد و انتظار می‌رود با افزایش تعداد سنبله بارور در واحد سطح، عملکرد دانه نیز افزایش یابد. نقش تاریخ کاشت در تولید پنجه بارور از آن جهت اهمیت دارد که همبستگی بالایی بین تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد دانه وجود دارد (Soughi *et al.*, 2020). کاهش تعداد سنبله بارور و وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام به علت افزایش دما و خشکی هوا و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه است (Moshattati *et al.*, 2010; Kalateh-Arabi *et al.*, 2012; Andarzian *et al.*, 2015). در طول دوره پر شدن دانه حداقل، حداکثر و میانگین دما به‌ترتیب تاریخ کاشت افزایش یافت و در مقابل رطوبت نسبی به‌ترتیب تاریخ کاشت کاهش یافت (جدول ۶). اسلافر و همکاران (Slafer *et al.*, 2001) کاهش تعداد سنبله

بارور در اثر کاهش طول مرحله طویل شدن ساقه در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام را گزارش کرده‌اند.

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش سال و رقم بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به لاین N-93-9، به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. کمترین تعداد دانه در سنبله نیز مربوط به ارقام آراز و آرمان در سال اول آزمایش بود (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های گندم در برهمکنش تیمارهای سال و رقم

Table 7. Mean comparison of number of grains per spike and plant height of wheat genotypes in interaction effect of year×cultivar

Year	سال	Wheat genotypes	ژنوتیپ‌های گندم	تعداد دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	ارتفاع بوته Plant height (cm)
2020-2021	۱۴۰۰-۱۳۹۹	Araz	آراز	37.1d	96.6b
		Arman	آرمان	38.1cd	95.6bc
		N-93-9	N-93-9	43.5a	91.2d
		Taktaz	تکتاز	41.4abc	87.5d
2021-2022	۱۴۰۱-۱۴۰۰	Araz	آراز	38.3cd	101.2a
		Arman	آرمان	41.5abc	101.1a
		N-93-9	N-93-9	42.0ab	99.4a
		Taktaz	تکتاز	39.9bcd	98.1ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که ژنوتیپ‌های گندم از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری داشتند. برهمکنش سال و تاریخ کاشت و رقم نیز معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رقم آراز بود که به‌ترتیب در تاریخ‌های کاشت دوم، سوم و اول در سال دوم آزمایش بدست آمدند (به‌ترتیب ۵۰/۳۵، ۴۸/۴۱ و ۴۷/۶۰ گرم). کمترین وزن هزار دانه مربوط به رقم آرمان در تاریخ کاشت هفتم در سال اول آزمایش (۲۹/۵۵ گرم) بود. پس از آن لاین N-93-9 در تاریخ کاشت هفتم در سال اول (۳۰/۶۳ گرم) و سال دوم (۳۲/۳۵ گرم) آزمایش کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۸). به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و مصادف شدن این دوره در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام با دمای بالاتر هوا، سرعت پر شدن دانه افزایش یافته و دانه‌ها چروکیده شده و در نهایت وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام نسبت به زود هنگام کاهش می‌یابد (Garshasbi *et al*., 2021). گزارش شده است که دمای محیط طی دو هفته پس از گلدهی نقش بسیار مهمی در وزن هزار دانه گندم دارد و دمای بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث افت شدید وزن هزار دانه می‌شود (Ortiz Monasterio *et al*., 1994). کاهش وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت تاخیری و کاهش عملکرد دانه گندم توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Andarzian *et al*., 2015; Garshasbi *et al*., 2021; Soughi *et al*., 2021).

جلال کمالی و شریفی (Jalal Kamali and Sharifi, 2010) با ارزیابی تیپ‌های زمستانه، بینابین و بهاره ارقام تجاری گندم نان ایران در شرایط آب و هوایی کرج گزارش کردند که طول دوره و سهم هر یک از مراحل فنولوژیک در تیپ‌ها و ارقام مختلف گندم ایرانی تفاوت داشت. در این تحقیق رابطه طول مراحل

جدول ۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم در برهمکنش سال و تاریخ کاشت و رقم

Table 8. Mean comparison of 1000 Kernel weight of wheat genotypes in interaction effect of year×sowing date×cultivar

Year سال	تاریخ کاشت Sowing date	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes		وزن هزار دانه 1000 Kernel weight (g)	Year سال	تاریخ کاشت Sowing date	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes		وزن هزار دانه 1000 Kernel weight (g)
۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۰ آبان	Araz	آراز	40.8a-m	۱۴۰۰-۱۴۰۱	۱۰ آبان	Araz	آراز	48.01a-c
2020-2021	Nov.1	Arman	آرمان	35.6g-p	2021-2022	Nov.1	Arman	آرمان	44.2a-f
		N-93-9	N-93-9	36.1f-p			N-93-9	N-93-9	38.9c-o
		Taktaz	تکتاز	37.8d-p			Taktaz	تکتاز	47.0a-d
	۲۰ آبان	Araz	آراز	40.2b-n		۲۰ آبان	Araz	آراز	50.3a
	Nov.11	Arman	آرمان	41.0a-m		Nov.11	Arman	آرمان	40.0b-n
		N-93-9	N-93-9	36.8e-p			N-93-9	N-93-9	41.7a-l
		Taktaz	تکتاز	40.2b-n			Taktaz	تکتاز	41.0a-m
	۳۰ آبان	Araz	آراز	42.1a-k		۳۰ آبان	Araz	آراز	48.4ab
	Nov.21	Arman	آرمان	38.0d-p		Nov.21	Arman	آرمان	36.5e-p
		N-93-9	N-93-9	33.7k-p			N-93-9	N-93-9	40.7a-n
		Taktaz	تکتاز	34.9i-p			Taktaz	تکتاز	42.6a-k
	۱۰ آذر	Araz	آراز	34.9j-p		۱۰ آذر	Araz	آراز	43.1a-j
	Dec.1	Arman	آرمان	33.8k-p		Dec.1	Arman	آرمان	40.8a-m
		N-93-9	N-93-9	39.5c-n			N-93-9	N-93-9	35.3h-p
		Taktaz	تکتاز	44.1a-g			Taktaz	تکتاز	39.3c-n
	۲۰ آذر	Araz	آراز	47.6a-d		۲۰ آذر	Araz	آراز	39.9c-n
	Dec.11	Arman	آرمان	33.6k-p		Dec.11	Arman	آرمان	37.2e-p
		N-93-9	N-93-9	36.6e-p			N-93-9	N-93-9	33.5l-p
		Taktaz	تکتاز	39.2c-n			Taktaz	تکتاز	40.6a-n
	۳۰ آذر	Araz	آراز	44.0a-h		۳۰ آذر	Araz	آراز	39.1c-o
	Dec.21	Arman	آرمان	32.3m-p		Dec.21	Arman	آرمان	37.4e-p
		N-93-9	N-93-9	35.7f-p			N-93-9	N-93-9	37.5e-p
		Taktaz	تکتاز	40.4b-n			Taktaz	تکتاز	38.5c-o
	۱۰ دی	Araz	آراز	43.5a-i		۱۰ دی	Araz	آراز	45.2a-e
	Dec.31	Arman	آرمان	29.5p		Dec.31	Arman	آرمان	38.5d-p
		N-93-9	N-93-9	30.6op			N-93-9	N-93-9	32.3n-p
		Taktaz	تکتاز	35.1i-p			Taktaz	تکتاز	42.0a-l

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

فنولوژیک با عملکرد دانه یکسان نبوده و همبستگی معنی‌داری (مثبت و منفی) بین طول مراحل فنولوژیک با عملکرد و اجزای عملکرد دانه وجود داشت. از نظر مجموع روز- درجه رشد مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، تاریخ کاشت اول و دوم بالاترین مقادیر را داشتند، در حالی‌که در دوره پر شدن دانه، بیشترین مجموع روز- درجه رشد در تاریخ‌های کاشت دوم، سوم و پنجم مشاهده شد (جدول ۹). بین مجموع روز- درجه رشد با عملکرد دانه همبستگی مثبت و بالایی در مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه مشاهده شد (شکل ۳). با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان اظهار داشت که تاریخ کاشت دوم و سوم شرایط مناسبی برای مجموع روز- درجه رشد دریافتی و عملکرد ژنوتیپ‌های گندم فراهم بود. سوقی و همکاران (Soughi *et al.*, 2020) با ارزیابی چهار رقم گندم احسان، تیرگان، معراج و کلاته در پنج تاریخ کاشت (۱۰ آبان، ۲۵ آبان، ۱۰ آذر، ۲۵ آذر و ۱۰ دی) در گنبد گزارش دادند که بیشترین مقدار روز- درجه رشد در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک مربوط به تاریخ کاشت ۲۵ آبان بود. در آزمایش دیگری دو رقم گندم مغان ۳ و آرتا در چهار تاریخ کاشت (۱۰ آذر، ۳۰ آذر، ۲۰ دی و ۱۰ بهمن) در گرگان مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج آزمایش تاریخ کاشت ۱۰ آذر بیشترین مقدار روز- درجه رشد را در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دریافت کرد. با ارزیابی ارقام گندم اقلیم گرم و مرطوب شمال (زاگرس- دیم و تجن-آبی) در کنار سایر ارقام گندم تجاری نان ایران از اقلیم‌های اقلیم‌های سرد و معتدل سرد، معتدل و گرم و خشک جنوب، مشخص شده است که ارقام اقلیم گرم و مرطوب شمال نیاز حرارتی کمتری داشتند (Jalal Kamali and Sharifi, 2010).

از نظر مجموع طول روز در مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، تاریخ کاشت اول بالاترین مقدار را داشت (جدول ۵). نکته قابل توجه این است که در طول دوره پر شدن دانه، مجموع طول روز دریافتی در سه تاریخ کاشت ابتدایی تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بعدی بود (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع طول روز با عملکرد دانه در مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه‌ها وجود داشت (شکل ۳). با توجه به اینکه ورود و گذر از هر مرحله فنولوژیک به دلیل تاثیر دما و طول دوره نوری صورت می‌گیرد، لازم است که از مجموع واحدهای دمایی- نوری و مجموع واحدهای دمایی-آفتابی نیز برای پیش‌بینی مراحل دقیق بلوغ و گلدهی استفاده شود (Singh and Singh, 2014). بطور کلی واحدهای دمایی- نوری PTU حاصل‌ضرب روز- درجه رشد (GDD) در ساعات آفتابی بالقوه (طول روز) و واحدهای دمایی- آفتابی (HTU) حاصل‌ضرب روز- درجه رشد (GDD) در ساعات آفتابی واقعی است (Ahmad, 2017).

بیشترین مقادیر مجموع واحدهای دمایی- نوری (PTU) در مرحله گلدهی در تاریخ کاشت اول مشاهده شد، در حالی‌که در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک تاریخ کاشت دوم بیشترین مقادیر مجموع واحدهای دمایی- نوری را داشت (جدول ۹). بنابراین تاریخ کاشت دوم شرایط مناسبی از نظر دما و طول روز در طول دوره پر شدن دانه برای ژنوتیپ‌های گندم داشت. دریافت مجموع واحدهای دمایی- نوری بیشتر در تاریخ‌های کاشت زودهنگام در مقایسه با تاریخ‌های کاشت دیر هنگام و تاخیری گزارش شده است (Singh and Singh, 2014; Soughi *et al.*, 2020). بین مجموع واحدهای دمایی- نوری و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (شکل ۳).

نتایج نشان داد که در مرحله گلدهی، تاریخ کاشت اول مجموع واحدهای دمایی- آفتابی (HTU) بیشتری دریافت کرد. در مرحله رسیدگی و دوره پرشدن دانه

جدول ۹- مقایسه میانگین شاخص‌های زراعی- اقلیمی در مراحل فنولوژیک رشد ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تاریخ کاشت

Table 9. Mean comparison of agro-climatic indices at phenological stages of wheat genotypes in sowing date treatments

		GDD (degree-days) روز- درجه رشد			HUE (kg.ha^{-1} degree-days^{-1}) کارایی مصرف دما		
Sowing date	تاریخ کاشت	گلدهی Anthesis (Z65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (Z90)	پر شدن دانه Grain filling (Z65-90)	گلدهی Anthesis (Z65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (Z90)	پر شدن دانه Grain filling (Z65-90)
Nov.1	۱۰ آبان	1567a	2324a	757c	3.8b	2.5bc	7.8a
Nov.11	۲۰ آبان	1494b	2276b	782ab	4.2a	2.8a	8.1a
Nov.21	۳۰ آبان	1481c	2255c	773ab	4.1a	2.7a	7.8a
Dec.1	۱۰ آذر	1462d	2229d	767bc	3.9b	2.5bc	7.4b
Dec.11	۲۰ آذر	1348e	2137e	788a	3.8b	2.4c	6.7c
Dec.21	۳۰ آذر	1290f	1974f	685d	3.7b	2.4c	7.0bc
Dec.31	۱۰ دی	1196g	1854g	657e	3.7b	2.4c	6.8c
		PTU (degree-days hours) واحدهای دمایی- نوری			PTUE (kg.ha^{-1} degree-days^{-1}) کارایی مصرف دمایی- نوری		
Nov.1	۱۰ آبان	16489a	26643b	10155d	0.36c	0.22b	0.58a
Nov.11	۲۰ آبان	15756c	26247c	10491c	0.40a	0.24a	0.59a
Nov.21	۳۰ آبان	16211b	26996a	10785b	0.38b	0.23ab	0.57a
Dec.1	۱۰ آذر	16175b	26851ab	10676bc	0.35c	0.21bc	0.53b
Dec.11	۲۰ آذر	15366d	26407c	11041a	0.33d	0.19d	0.48c
Dec.21	۳۰ آذر	14725e	24299d	9574e	0.33d	0.20cd	0.50cd
Dec.31	۱۰ دی	13786f	22938e	9152f	0.32d	0.19d	0.49d
		HTU (degree-days hours) واحدهای دمایی- آفتابی			HTUE (kg.ha^{-1} degree-days^{-1}) کارایی مصرف دمایی- آفتابی		
Nov.1	۱۰ آبان	7773a	11940d	4167d	0.76bc	0.49b	1.46a
Nov.11	۲۰ آبان	7502b	11738e	4237cd	0.85a	0.53a	1.53a
Nov.21	۳۰ آبان	7718a	12475c	4757b	0.80ab	0.49b	1.33a
Dec.1	۱۰ آذر	7735a	12649b	4913b	0.73cd	0.45c	1.17b
Dec.11	۲۰ آذر	7513b	13266a	5753a	0.68d	0.39d	0.93d
Dec.21	۳۰ آذر	6957c	11334f	4377c	0.69d	0.42c	1.11c
Dec.31	۱۰ دی	6400d	10476g	4077d	0.70d	0.42c	1.10c
		HYTU (degree-days percent) واحدهای دمایی- رطوبتی			HYTUE (kg.ha^{-1} degree-days^{-1}) کارایی مصرف دمایی-رطوبتی		
Nov.1	۱۰ آبان	110391a	165429a	55038b	0.053bc	0.036b	0.108a
Nov.11	۲۰ آبان	104120b	160356b	56236a	0.060a	0.039a	0.111a
Nov.21	۳۰ آبان	104600b	160875b	56275a	0.058a	0.038a	0.109a
Dec.1	۱۰ آذر	103080c	157639c	54558b	0.055b	0.036b	0.104ab
Dec.11	۲۰ آذر	96787d	150831d	54044b	0.053bc	0.034c	0.097bc
Dec.21	۳۰ آذر	93754e	142679e	48926c	0.051c	0.034c	0.099bc
Dec.31	۱۰ دی	87555f	134722f	47167d	0.051c	0.033c	0.095c

در هر ستون برای هر عامل میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

تاریخ‌های کاشت پنجم و چهارم حداکثر مجموع واحدهای دمایی- آفتابی را داشتند، درحالی‌که تاریخ‌های کاشت اول و هفتم کمترین مقدار را داشتند (جدول ۹). بر این اساس می‌توان اظهار داشت که در تاریخ‌های کاشت ابتدایی و انتهایی، دوره پر شدن دانه با کاهش مجموع واحدهای دمایی-آفتابی مواجه شده و همین عامل باعث کاهش عملکرد در دو تاریخ کاشت اول و هفتم شده است (جدول ۹). افزایش مجموع واحدهای دمایی-آفتابی در تاریخ‌های کاشت پنجم و چهارم با وجود کاهش معنی‌دار طول دوره پر شدن دانه، به دلیل همپوشانی دماهای بالا و حداکثر ساعات آفتابی در طول دوره پر شدن دانه بوده است. به همین دلیل همبستگی بین مجموع واحدهای دمایی- آفتابی با عملکرد در دوره پر شدن دانه مشاهده نشد (شکل ۳). این یافته‌ها با نتایج سوقی و همکاران (Soughi *et al.*, 2020) و آمراوات و همکاران (Amrawat *et al.*, 2013) مطابقت دارد. مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (HYTU) دریافتی در گیاهان در مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ‌های کاشت ابتدایی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت انتهایی بود (جدول ۹). در حالی‌که در دوره پرشدن دانه، تاریخ‌های کاشت دوم و سوم مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی بیشتری دریافت کردند (جدول ۹). با توجه به اینکه در طول دوره پر شدن دانه، حداقل، حداکثر و میانگین رطوبت نسبی به ترتیب تاریخ کاشت کاهش یافتند (جدول ۶)، حداکثر مجموع واحدهای دمایی-رطوبتی در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم نشان دهنده مناسب بودن شرایط برای استفاده از رطوبت و دما در طول دوره پر شدن دانه بود .در همین راستا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در دوره پر شدن دانه مشاهده شد (شکل ۳).

نتایج این پژوهش نشان داد که در مرحله گلدهی مجموع واحدهای شاخص‌های اقلیمی (GDD، PTU، HTU و HYTU) با طول دوره رشد ارتباط مستقیمی داشتند، به‌طوری که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آن‌ها و تعداد روز تا مرحله گلدهی و مجموع طول روز تا گلدهی مشاهده شد (شکل ۳). نتایج شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی شامل کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (HYTUE) نشان داد که کارایی مصرف انرژی در مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود (جدول ۹). در دوره پر شدن دانه نیز بیشترین کارایی مصرف انرژی (HUE، PTUE، HTUE و HYTUE) در تاریخ کاشت دوم مشاهده شد که البته با مقادیر تاریخ‌های کاشت سوم و اول تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۹). کارایی مصرف انرژی ارقام علاوه بر عوامل ژنتیکی می‌تواند تحت تاثیر تاریخ کاشت هم باشد. تاریخ کاشت از طریق تنظیم فنولوژی گیاه و فراهم کردن شرایط بهینه محیطی، باعث افزایش کارایی مصرف انرژی می‌شود (Singh *et al.*, 2016). تاریخ کاشت زودهنگام باعث می‌شود که گیاه در دوره پر شدن دانه از حداکثر روز- درجه رشد استفاده کند، در حالی‌که در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام به دلیل کوتاه‌تر شدن مراحل فنولوژیک، مجموع روز- درجه رشد دریافتی گیاه کمتر شده و در اثر کاهش عملکرد، کارایی مصرف انرژی نیز کاهش می‌یابد (Gupta *et al.*, 2017). نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که در مرحله گلدهی و طول دوره پر شدن دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (HYTUE) با عملکرد دانه وجود داشت (شکل ۳). نتایج این پژوهش نشان داد که انتخاب تاریخ مناسب کاشت گندم در

شرایط اقلیمی منطقه بسیار تعیین کننده بوده و باعث دستیابی به حداکثر کارایی مصرف انرژی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Solanki *et al.*, 2017).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت از نظر عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد سنبله در مترمربع ژنوتیپ‌های گندم تفاوت معنی‌دار آماری وجود داشت، در حالی که بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر صفات یاد شده وجود نداشت. بیشترین عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت تاخیری بودند. در تاریخ‌های کاشت تاخیری (سه تاریخ کاشت انتهایی) میانگین عملکرد دانه رقم تکتاز بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. سه تاریخ کاشت ابتدایی از نظر طول دوره پر شدن دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما با تاخیر در کاشت، طول دوره پر شدن دانه بطور معنی‌داری کاهش یافت. دو ماه تفاوت بین تاریخ کاشت اول و هفتم باعث کاهش معنی‌دار طول مراحل فنولوژیک و دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم شد، به‌طوری که رسیدن به مراحل گلدهی ۳۹/۸ روز، رسیدگی فیزیولوژیک ۴۹/۳ و دوره پر شدن دانه ۹/۵ روز کاهش یافتند. در طول دوره پر شدن دانه، تاریخ‌های کاشت دوم و سوم شرایطی مناسبی از نظر طول روز، دما، میانگین رطوبت نسبی وکارایی مصرف انرژی برای ژنوتیپ‌های گندم فراهم نمودند، به‌طوری که در این تاریخ‌های کاشت بیشترین مقادیر در شاخص‌های زراعی- اقلیمی شامل طول روز (DL)، روز- درجه رشد (GDD) و واحدهای دمایی- رطوبتی (HYTU)، کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (HYTUE) بدست آمدند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه با طول دوره رشد و طول دوره پرشدن دانه، مجموع روز- درجه رشد (GDD)، مجموع طول روز (DL)، مجموع واحدهای دمایی- نوری (PTU)، مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (HYTU)، شاخص‌های مرتبط با کارایی مصرف انرژی (HUE، PTUE، HTUE و HYTUE) وجود داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و حداکثر کارایی مصرف انرژی در شرایط اقلیمی محل اجرای آزمایش در تاریخ‌های ۲۰ آبان تا ۳۰ آبان بدست خواهد آمد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از پروژه شماره ۹۹۱۰۷۲-۱۱۱-۰۳-۵۷-۲۴ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر است که با حمایت مالی معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان اجرا شده است. بدینوسیله از همکاری صمیمانه آن معاونت تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Acevedo, E., Silva, P. and Silva. H. 2002. Wheat growth and physiology. pp 39-70. *In:* Curtis, B.C. *et al.*, (Eds.) Bread Wheat. Improvement and Production. FAO. Rome. Italy.

Ahmad, L., Kanth, R. H., Parvaze, S. and Mahdi, S. S. 2017. Growing degree days to forecast crop stages. pp 95-98. *In:* Ahmad, L. *et al.*, (Eds.) Experimental Agrometeorology: A Practical Manual. Springer.

http://doi.org/10.1007/978-3-319-69185-5_14

Amrawat, T., Solanki, N. Sharma, S. Jajoria, D. and Dotaniya, M. 2013. Phenology growth and yield of wheat in relation to agrometeorological indices under different sowing dates. *African Journal of Agricultural Research,* 8, pp.6366-6374. http://doi.org/10.5897/AJAR2013.8019

Andarzian, B., Hoogenboom, G., Bannayan, M., Shirali, M. and Andarzian, B. 2015. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences,* 14, pp.189-199. http://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.04.004

Anonymous, 2022. Agricultural Statistics in Crop Season 2020-2021. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Tehran, Iran. 93pp. [In Persian].

Anonymous, 2023. Available at https://www.statista.com/statistics/237890/global-wheat-per-capita-food-use-since-2000/. Last accessed 2 April 2023.

FAO, Food and Agriculture Organizatio. 2022. Available http://www.fao.org/faostat/en/#home. Retrieved 12 October 2022.

Aslam, M.A., Ahmed, M., Stöckle, C.O., Higgins, S.S. and Hayat, R. 2017. Can growing degree days and photoperiod predict spring wheat phenology? *Frontiers in Environmental Science,* 5, pp.1-10. http://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00057

Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., Kimball, B., Ottman, M. J., Wall, G. and White, J. W. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change,* 5, pp.143-147. http://doi.org/10.1038/nclimate2470

Bauer, A., Fanning, C., Enz, J. W. and Eberlein, C. 1984. Use of growing-degree days to determine spring wheat growth stages. Extension bulletin-North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, Cooperative Extension Service. USA. 37, pp.1-12.

Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A. and Siddique, K. H. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences,* 30, pp.491-507. http://doi.org/10.1080/07352689.2011.615687

Farooq, M., Hussain, M. and Siddique, K. H. 2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences,* 33, pp.331-349. http://doi.org/10.1080/07352689.2014.875291

Garshasbi, L., Paknejad, F., Jasemi, S. S., Ilkaee, M. N. and Sanjani, S. 2021. Evaluation of quantitative traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in different planting dates. *Journal of Agroecology*, 12(4), pp.703-721. [In Persian]. http://doi.org/10.22067/AGRY.2021.37597

Gupta, M., Sharma, C., Sharma, R., Gupta, V. and Khushu, M. 2017. Effect of sowing time on productivity and thermal utilization of mustard (*Brassica juncea*) under sub-tropical irrigated conditions of Jammu. *Journal of Agrometeorology,* 19, pp.137-141. http://doi.org/10.54386/jam.v19i2.688

Jagadish, K. S., Kishor, K., Polavarapu, B., Bahuguna, R. N., von Wirén, N. and Sreenivasulu, N. 2015.

Staying alive or going to die during terminal senescence—an enigma surrounding yield stability. *Frontiers in Plant Science*, 6, pp.1-14. http://doi.org/10.3389/fpls.2015.01070

Jalal Kamali, M. R. and Sharifi, H. R. 2010. Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions II: Yield and yield components. *Seed and Plant Production Journal*, 26(1), pp.1-23. [In Persian]. http://doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110391

Kalateh-Arabi, M., Sheikh, F., Soqi, H. and Hivehchie, J. 2011. Effects of sowing date on grain yield and its components of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan in Iran. *Seed and Plant Production Journal*, 27, pp.285-296. [In Persian]. http://doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110438

Liu, B., Liu, L., Asseng, S., Zou, X., Li, J., Cao, W. and Zhu, Y. 2016. Modelling the effects of heat stress on post-heading durations in wheat: A comparison of temperature response routines. *Agricultural and Forest Meteorology*, 222, pp.45-58. http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.03.006

Mkhabela, M., Ash, G., Grenier, M. and Bullock, P. 2016. Testing the suitability of thermal time models for forecasting spring wheat phenological development in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 96, pp.765-775. http://doi.org/10.1139/cjps-2015-0351

Mojtabaie Zamani, M., Nabipour, M. and Meskarbashee, M. 2015. Effect of heat stress during grain filling on photosynthesis and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(1), pp.1-17. [In Persian]. http://doi.org/20.1001.1.15625540.1394.17.1.1.3

Moshattati, A., Alami-Saied, Kh., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A. M. and Jalal-Kamali, M. R. 2010. Evaluation of terminal heat stress tolerance in spring bread wheat cultivars in Ahwaz conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(2), pp.85-99. [In Persian]. http://doi.org/20.1001.1.15625540.1389.12.2.1.0

Ortiz Monasterio, J. I., Dhillon, S. S. and Fischer, R. A. 1994. Date of sowing effects on grain yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationships with radiation and temperature in Ludhiana, India. *Field Crops Research*, 37, 169-184. http://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90096-5

Parmesan, C. and Hanley, M. E. 2015. Plants and climate change: complexities and surprises. *Annals of Botany*, 116, pp.849-864. http://doi.org/10.1093/aob/mcv169

Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M. and Slafer, G. 2012. Achieving yield gains in wheat. *Plant, Cell and Environment*, 35, pp.1799-1823. http://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02588.x

Salazar-Gutierrez, M., Johnson, J., Chaves-Cordoba, B. and Hoogenboom G. 2013. Relationship of base temperature to development of winter wheat. *International Journal of Plant Production*, 7, pp.741-762. http://doi.org/10.22069/ijpp.2013.1267

Sasani, S., Amiri, R., Sharifi, H. R. and Lotfi, A. 2019. Study on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) growth stages using growing degree day index under early and late planting date in Kermanshah. *Cereal Research*, 9(2), pp.143-156. [In Persian]. http://doi.org/10.22124/c.2019.13938.1510

Singh, M. P. and Singh, N. 2014. Thermal requirement of indian mustard (*Brassica juncea*) at different phonological stages under late sown condition. *Indian Journal of Plant Physiology*, 19, pp.238-243. http://doi.org/10.1007/s40502-014-0072-0

Singh, S., Kingra, P. and Singh, S.P. 2016. Heat unit requirement and its utilisation efficiency in wheat under different hydrothermal environments. *Annals of Agricultural Research*, 37, pp.1-11. http://doi.org/61891/25245/155888

Slafer, G., Abeledo, L., Miralles, D., Gonzalez, F. and Whitechurch, E. 2001. Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. p. 487-496. *In:* Bedo, Z. and L. Lang (Eds.) Wheat in a global environment. Springer. http://doi.org/10.1007/978-94-017-3674-9_64

Solanki, N. S., Samota, S. D., Chouhan, B. S. and Nai, G. 2017. Agrometeorological indices, heat use efficiency and productivity of wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by dates of sowing and irrigation. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(3), pp.176-180.

Soughi, H., Khodarahmi, M., Bagherikia, S. and Nazari, M. 2020. Response of grain yield of new bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to sowing date based on agro-climatic indices under Gorgan environmental Conditions. *Seed and Plant Journal*, 36(1), pp.1-31. [In Persian]. http://doi.org/10.22092/sppi.2020.122874

Soughi, H., Khodarahmi, M., Jafarby, J. and Nazari, M. 2021. Yield analysis of new bread wheat cultivars based on agro-climatic indices under different sowing dates in Gonbad. *Journal of Plant Production Research*, 28(1), pp.185-211. [In Persian]. http://doi.org/10.22069/jopp.2021.17735.2642

Effect of sowing date and agro-climatic indices on grain yield of new bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan region, Iran

Bagherikia S.[1], H. Soughi[2], F. Sayyedi[3], M. Khodarahmi[4], F. Naghipour[5] and M. Nazari[6]

ABSTRACT

Bagherikia S., H. Soughi, F. Sayyedi, M. Khodarahmi, F. Naghipour and M. Nazari. 2023. Effect of sowing date and agro-climatic indices on grain yield of new bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan region, Iran**. Iranian Journal of Crop Sciences. 25(1): 20-40. (In Persian).**

To determine the optimal sowing date for new bread wheat cultivars as well as to investigate the relationship between grain yield and agro-climatic indices, a field experiment was carried out as split plots layout in randomized complete block design with four replications in two cropping seasons (2020-2021 and 2021-2022) in Gorgan agricultural research station, Gorgan, Iran. Seven sowing dates (from 01 November to 31 December, with 10-day intervals) were assigned to main plots and four spring bread wheat genotypes (cv. Araz, cv. Arman, cv. Taktaz and N-93-9 promising line) were randomized in subplots. Combined analysis of variance showed that the effect of sowing date was significant on grain yield, biological yield and spike no. m^{-2}. While there was no significant difference between cultivars for the aforementioned traits. The highest grain yield obtained from 11 November (6235 $kg.ha^{-1}$) and 21 November (6105 $kg.ha^{-1}$) sowing dates, respectively. In delayed sowing dates (11 December, 21 December and 31 December), grain yield of cv. Taktaz was greater than other genotypes. The three sowing dates, 01 November, 11 November and 21 November, were not significantly different for grian filling duration (42.5, 42 and 40.3 days, respectively). However, grian-filling duration significantly decreased in delayed sowing dates (33, 34.1 and 35.6 days, respectively). The highest cumulative growth degree-days (GDD) for grain filling period was calculated for sowing dates 11 November and 21 November (782 and 773 GDD, respectively). In conclusion, the results of this experimebt showed that the highest grian yield and maximum energy use efficiency may obtain from the sowing date window of 11 November to 21 November for Gorgan region in Iran.

Key words: Bread wheat, Energy use efficiency, Grian filling duration, Growing degree-days, Northern warm and humid agro-climatic zone, and Phenology

Received: January, 2023 **Accepted: June, 2023**

1. Assistant Prof., Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran (Corresponding author) (Email: s.bagherkia@areeo.ac.ir)
2. Associate Prof.,Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
3. Researcher, Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
4. Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran
5. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran
6. Expert, Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran